

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE
HONGOS FITOPATÓGENOS EN DÁTILES EN
POSCOSECHA**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO BIOTECNÓLOGO AGROPECUARIO

PRESENTA

JESSICA EUNICE CONTRERAS ESPINOZA

DIRECTOR

DRA. BLANCKA YESENIA SAMANIEGO GÁMEZ

EJIDO NUEVO LEÓN, MEXICALI, B.C

NOVIEMBRE 2024

Hoja de revisión de comité de tesis

AGRADECIMIENTOS

A mi casa de estudios, la Universidad Autónoma de Baja California por permitirme estudiar mi licenciatura y convertirme en una profesionista otorgándome las herramientas necesarias durante mi carrera.

Mi más sincero agradecimiento a la Dra. Blancka Yesenia Samaniego Gámez, así como al Dr. Raúl Enrique Valle Gough por todo su apoyo brindado y por motivarme siempre a seguir adelante, mi admiración total hacia ustedes.

De igual manera doy las gracias al MC. Carlos Ceceña Durán, así como a la Dra. Cristina Ruiz Alvarado por todo el conocimiento otorgado y por considerarme como su alumna agrónoma-biotecnóloga.

Así mismo, agradezco a Máximo López Montes subgerente del departamento de Inocuidad en la empresa GN Productores Agrícolas, por permitirme realizar mis prácticas profesionales y por su apoyo durante mi investigación.

Un agradecimiento al Cuerpo Académico Fisiología y Ambiente en la Producción Agrícola (UABC-CA-349), así como al proyecto "Efecto de tratamientos térmicos y recubrimientos comestibles en poscosecha para el control de *Aspergillus niger* en dátiles var. Medjool (Clave 200/3330)", del cual esta tesis forma parte.

Dedicatoria

-David & Juana

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres, por ser mi soporte y motivación. Esto lo logré gracias a ustedes, gracias por confiar en mí. Los amo eternamente.

-Carolina Contreras y Perla Contreras.

Con mucho amor colegas, lo estamos logrando.

-Gael Ramírez

A mi persona especial porque en esos días donde sentía que no podía más siempre estuviste ahí, nunca dudaste de mí.

-Gabriel Amarillas y Oscar Cadena

Porque una amistad es tan valiosa y merece reconocimiento. Gracias amigos por tantas risas, por su presencia y ayuda en buenos y malos momentos.

Contenido	
AGRADECIMIENTOS.....	IV
Dedicatoria.....	V
LISTA DE CUADROS.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos particulares.....	4
4. ANTECEDENTES.....	5
4.1 Cultivo de la palma datilera.....	5
4.1.1 Manejo nutricional.....	6
4.1.2 Riego.....	7
4.1.3 Polinización.....	7
4.1.4 Podas.....	8
4.1.5 Manejo de plagas.....	9
4.1.6 Enfermedades en poscosecha de dátil.....	10
4.1.7 Cosecha.....	10
4.1.8 Manejo poscosecha de dátil.....	11
4.1.9 Información nutricional del fruto.....	12
5. MÉTODOS.....	14
5.1 Material vegetal.....	14
5.2 Aislamiento e identificación de hongos.....	14
5.3 Pruebas de patogenicidad.....	15
5.4 Análisis estadístico.....	15
6. RESULTADOS.....	16
6.1 Aislamiento e identificación de hongos.....	16
6.2 Pruebas de patogenicidad.....	18
7. DISCUSIÓN.....	21
8. CONCLUSIONES.....	25
9. LITERATURA CITADA.....	26

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la palma datilera.	5
Cuadro 2. Composición nutricional de frutos de dátil.....	13
Cuadro 3. Crecimiento de colonias de la variedad Mejhoul, producidos en el Valle de Mexicali.	17
Cuadro 4. Crecimiento de colonias de la variedad Mejhoul, producidos en el Valle de Mexicali.	20

LISTA DE FIGURAS

Figura.....	Página
Figura 1. Representación estructural de la palma datilera.....	6
Figura 2. Plagas del cultivo de la palma datilera.	9
Figura 3. Procesos biológicos de deterioro poscosecha.....	12
Figura 4. Procesamiento del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) para la esporulación de las muestras aisladas para la identificación de hongos fitopatógenos.	16
Figura 5. Procesamiento de muestras para aislamiento e identificación de fitopatógenos:	18
Figura 6. Pruebas de patogenicidad en frutos de palma datilera (Phoenix dactylifera L.):	19

RESUMEN

El cultivo de palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) es de gran relevancia económica en el estado de Baja California (BC). Sin embargo, la presencia de enfermedades disminuye algunas características de calidad de los frutos, consideradas como defectos por normas alimentarias internacionales, siendo indispensable la identificación de agentes causales para su control. El objetivo de este estudio fue aislar e identificar morfológicamente cepas de hongos fitopatógenos que afectan a frutos de palma datilera en BC. Se colectaron dátiles sintomáticos del ciclo de producción 2022, fueron lavados con agua estéril, se realizaron aislamientos en un medio de Papa-Dextrosa-Agar, se observaron macro y microscópicamente. Los aislamientos de síntomas iniciales en pericarpio, mesocarpio, endocarpio y semilla de dátil se reinocularon en dátiles asintomáticos, a través de suspensión de esporas y con herida de aguja de disección estéril. Se revisó el desarrollo de síntomas a los 3, 6, 9 y 12 días después de la inoculación, en los dátiles que mostraron el síntoma inicial, se realizaron reaislamientos. En las pruebas de patogenicidad, el 100% de los aislados formaron micelio aéreo, crecimientos en color blanco y polvo negro sobre los dátiles. Se observaron al microscopio colonias negras, con conidióforos marrones, vesículas globosas de 80 μm de diámetro aproximadamente, y conidios de alrededor de 5 μm . Basado en la caracterización morfológica y pruebas de patogenicidad, se encontró que los síntomas en frutos eran ocasionados por *Aspergillus niger*.

Palabras clave: *Moho negro, Palma datilera, Poscosecha*

ABSTRACT

The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) culture has a great economic relevance in Baja California (BC). However, the presence of diseases reduces some of the fruit quality characteristics rendering the fruit flawed by several international food standards, making the identification of causal agents essential for their control. The objective of the current study was the isolation and morphological identification of phytopathogenic fungal strains that affect date palm fruits in BC. Fungal isolates were obtained from symptomatic dates during the 2022 production cycle, the collected fruits were washed with sterile water and placed in plates with Potato-Dextrose-Agar media, the fungal growths were observed macroscopically and microscopically. Isolates with initial symptoms in date pericarp, mesocarp, endocarp and seed were reinoculated in asymptomatic dates, through spore suspension and with a sterile dissection needle wound. The development of symptoms was assessed at 3, 6, 9 and 12 days after inoculation. The fungal re-isolation from dates with symptomatic fruits was performed. It was observed in the pathogenicity tests that 100% of the isolates formed aerial mycelium, white growths with black powder on the date fruits. Black colonies were observed under the microscope, with brown conidiophores, globose vesicles approximately 80 µm in diameter, and conidia of around 5 µm. Based on the morphological characterization and pathogenicity tests, it was found that the symptoms on fruits were caused by *Aspergillus niger*.

Keywords: *Black mould, Date palm, Postharvest*

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el cultivo de palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) es de gran importancia en la agricultura de muchas regiones cálidas y áridas, donde se cultivan con fines comerciales a gran escala generando ganancias de más de mil millones de dólares (Tenberg, 2012; FAOSTAT, 2022). De este cultivo, se obtiene el fruto denominado dátil, el cual desempeña un papel importante en la salud humana de regiones árabes (Assirey, 2015). En el continente americano, la producción exitosa de dátiles maduros ocurre en las regiones áridas de Perú, Chile, México y el suroeste de Estados Unidos, en otros lugares, la palma datilera se cultiva con fines ornamentales (Chao y Krueger, 2007). En México, la producción de dátiles fue de 12.364,94 ton, y los estados con mayor producción son: Sonora y Baja California con 8,776 y 2,984 ton respectivamente (SIAP, 2020). Desde hace algunos años, la palma datilera ha incrementado gradualmente su aporte económico, comercial y generación de empleos en la fruticultura de los municipios de San Luis Rio Colorado, Sonora y Mexicali, Baja California. En estas regiones, se cultivan principalmente las variedades semisecas como Mejhoul y Deglet Noor (Ramos, 2012).

Sin embargo, uno de los factores de riesgo que disminuyen la vida de anaquel de un producto, es el daño acumulativo que representan las enfermedades en poscosecha (Fenta *et al.*, 2023). Las etapas del daño por enfermedad van desde el campo durante la cosecha, en el transporte, en el almacenamiento, en tiendas y mercados cuando están a la venta, así como en el hogar cuando serán consumidas. De estas patologías, las que generan el mayor número de daños en poscosecha, atendiendo el agente causal, son las ocasionadas principalmente por hongos y bacterias (Guan *et al.*, 2023). Numerosos productos hortofrutícolas a nivel mundial presentan podredumbres causadas por los géneros *Botrytis*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Phytophthora*, *Mucor*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Rhizopus*, y *Cladosporium* (Toth *et al.*, 2003; Mari *et al.*, 2014; Kumar and Iqbal, 2020; Tripathi *et al.*, 2022).

En el caso de *Phoenix dactylifera* (*P. dactylifera* L.), a nivel mundial se reportan enfermedades que afectan al cultivo, desde producción hasta su manejo durante poscosecha (Yahia *et al.*, 2014; Sarraf *et al.*, 2021). En este contexto, la importancia del diagnóstico y control de enfermedades en poscosecha de vegetales radica en su papel para la prevención y disminución de pérdidas, a través del establecimiento y aplicación de estrategias eficientes para prevenirlas y controlarlas (Tripathi *et al.*, 2022). El cultivo de palma datilera es de gran relevancia económica en el estado de B.C, sin embargo, debido a algunos factores que limitan la producción de este fruto se han llegado a presentar pérdidas de hasta el 30% en las zonas de producción ubicadas en el Valle de Mexicali, B.C, así como en San Luis Río Colorado, Sonora. Dentro de estos factores se encuentra la presencia de plagas y enfermedades principalmente hongos fitopatógenos los cuales se desarrollan comúnmente cuando existe humedad en el fruto. Es necesario realizar estudios de diagnóstico de enfermedades presentes en la región del Valle de Mexicali que afectan a los frutos de palma datilera, para implementar estrategias de manejo eficientes. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue aislar e identificar morfológicamente hongos fitopatógenos en dátiles en poscosecha.

2. HIPÓTESIS

La presencia de signos-síntomas en los dátiles de poscosecha que afectan directamente la calidad de los frutos se debe a que existen hongos fitopatógenos durante el periodo de poscosecha en dátil.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Aislar e identificar morfológicamente hongos fitopatógenos en frutos de *Phoenix dactylifera* L. en poscosecha.

3.2 Objetivos particulares

1. Aislar hongos fitopatógenos en *Phoenix dactylifera* L. durante poscosecha.
2. Identificar morfológicamente hongos fitopatógenos en *Phoenix dactylifera* L. en poscosecha.
3. Establecer los postulados de Koch en dátiles sanos para comprobar la patogenicidad de las cepas aisladas.

4. ANTECEDENTES

4.1 Cultivo de la palma datilera

Phoenix dactylifera L. es una planta cultivada principalmente por su fruto comestible. Las palmeras datileras son de gran importancia en la agricultura de muchas regiones cálidas y áridas, como el Cercano Oriente, África del Norte y en el continente americano (Chao y Krueger, 2007). Esta especie pertenece a la familia de las Arecaceae (Cuadro 1) y presenta más de 1,500 variedades.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la palma datilera.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arecales
Familia	Arecaceae
Género	<i>Phoenix</i>
Especie	<i>dactylifera</i>

Fuente: Rivera *et al.*, 2019; Comunicación personal: Carlos Ceceña Durán

El cultivo de *P. dactylifera* L. ha mostrado una gran capacidad de adaptación en el Valle de Mexicali, debido a las condiciones climáticas presentes en la zona, debido a que el clima cálido seco es el adecuado para el desarrollo y fructificación de la planta (Ramos, 2012; Yahia *et al.*, 2014). Este cultivo cuenta con características peculiares al adaptarse a diferentes tipos de suelo, principalmente los suelos arenosos-limosos con buen drenaje (Chao and Krueger, 2007; Morales *et al.*, 2024). Posee raíces fibrosas, que facilitan el control de la erosión y la estabilización al suelo (Figura 1). Cuenta con gran resistencia a la sequía y a la salinidad a comparación de otros cultivos tales como el naranjo o el durazno los cuales toleran una salinidad de 5 mmhos por cm, mientras que la palma datilera presenta una resistencia de 18 mmhos por cm (Lozano, 2000).

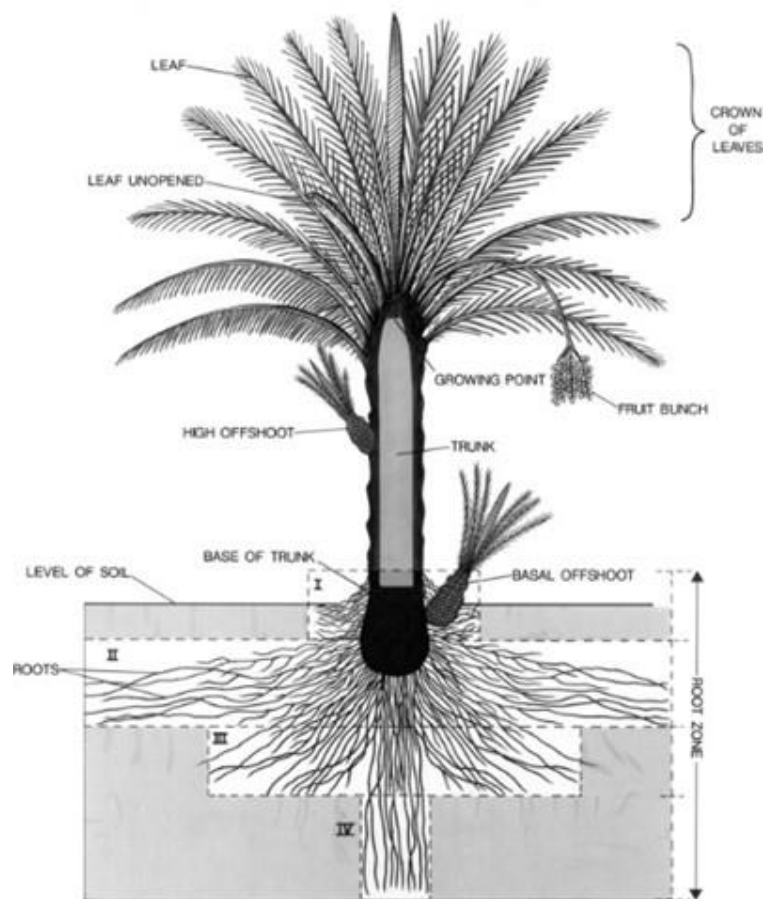


Figura 1. Representación estructural de la palma datilera.

Fuente: *Salomón et al., 2017*

4.1.1 Manejo nutricional

Durante el cultivo de *P. dactylifera*, la fertilización aporta a la palma nutrientes requeridos para tanto para el crecimiento como la calidad de los frutos. Debido al extenso sistema radicular que presenta esta especie es capaz de proveerse de los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, sin embargo, se recomienda aplicar de 1.8 a 2.5 kg de nitrógeno por palma (Ramos, 2012; Morales *et al.*, 2024). Este nitrógeno puede dividirse en 3 aplicaciones durante el año, se recomienda una mayor fertilización durante los meses de verano ya que es cuando su actividad de crecimiento es mayor, aunque algunos

recomiendan fertilizar especialmente en febrero, abril y junio, épocas con las mayores demandas (Ramos, 2012)

Durante la temporada de invierno, es común la aplicación de abonos foliares con el objetivo de prevenir posibles carencias. En zonas productoras del Valle de Mexicali las fertilizaciones son netamente orgánicas utilizando lixiviados de lombriz y tiempo antes de la cosecha se aplican micronutrientes (B, Fe, Zn). Algunos de los esquemas de fertilización incluyen líquidos de pescado, vermicomposta, y yeso agrícola (Comunicación personal: Germán Barajas Zavala).

4.1.2 Riego

La palma datilera es una planta que requiere muy poca agua, debido a las temperaturas extremas presentes en el área del Valle de Mexicali y sus alrededores el riego debe realizarse cada 15 días, mientras que durante el resto del año a intervalos de 1 mes (Ramos, 2012). El método utilizado es el riego por goteo permitiendo optimizar agua y abonos en zonas áridas.

4.1.3 Polinización

P. dactylifera L. es una especie dioica, es decir, los gametos masculinos y femeninos están divididos en individuos, de manera que para lograr una transferencia correcta de polen desde la parte masculina de una flor hasta la parte femenina de la misma u otra flor es necesario que se realice la polinización de manera manual para asegurar un adecuado amarre de frutos (Morales *et al.*, 2024). Es importante reconocer que la polinización es una etapa clave en cuanto al éxito obtenido en el rendimiento y calidad de los frutos, por lo tanto, es necesario emplear una técnica que garantice resultados favorables.

El método de polinización más comúnmente utilizado en México es mediante el uso de una bombilla de hule en donde esta se llena con una mezcla de polen

y harina para posteriormente aplicar el contenido de manera manual sobre cada inflorescencia con una cantidad aproximada de dos gramos de polen (Salomón-Torres *et al.*, 2021).

4.1.4 Podas

En esta actividad se busca mantener la cantidad de hojas necesarias para el desarrollo óptimo de la palma y así facilitar la labor de cosecha. Es importante al momento de realizarla evitar causar heridas al tronco, hojas, ni al pedúnculo de los racimos ya que esto permitiría el ingreso de plagas o algún microorganismo patógeno (Morales *et al.*, 2023).

El corte de las hojas debe realizarse lo más cerca del tronco, se cortan las hojas envejecidas y las que hayan perdido el 50% del área foliar, además se incluyen las hojas de espinas basales que puedan causar daños al personal que poliniza y/o cosecha. Esta práctica es conveniente realizarla una vez por año, en los meses de menor precipitación procurando una relación de 9 hojas por racimo (Morales *et al.*, 2024).

4.1.5 Manejo de plagas

Una plaga son todas aquellas colonias de organismos que atacan y destruyen los cultivos y las plantas durante su crecimiento y desarrollo (Kumar e Iqbal, 2020). Para el caso del cultivo de palma datilera la plaga más devastadora es el picudo rojo (*Rynchophorus ferrugineus*) (Figura 2).

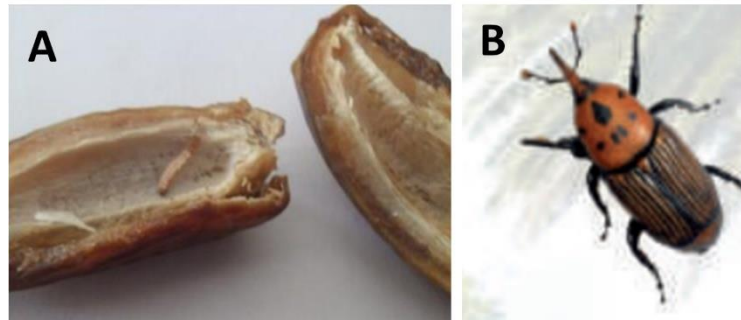


Figura 2. Plagas del cultivo de la palma datilera.

A) larva de *Ectomyelois ceratoniae* Zell (*Lepidoptera: Pyralidae*) B) adulto picudo rojo de *Rynchophorus ferrugineus*.

Fuente: *Dembilio y Jacas et al., 2011; Ahmed et al., 2017.*

Actualmente *R. ferrugineus* es uno de los insectos más dañinos para las palmas en el mundo; se encuentra ampliamente distribuido en Asia, Europa y África; donde se reporta como el agente causal de severos daños a *P. dactylifera* (Fiaboe *et al.*, 2011; SENASA, 2011). Su ciclo biológico se realiza dentro del hospedante durando de 3-4 meses. El proceso de infestación inicia con la llegada de la hembra fecundada a una planta sana, donde oviposita alrededor de 204 huevos, en heridas del tallo o en los peciolos, esta acción dura aproximadamente 45 días (Menon y Pandalai, 1960).

Este insecto presenta mandíbulas cónicas en su aparato bucal el cual le permite penetrar por la corona, o directamente por el tronco o estípite, perforando galerías de más de 1 m de longitud. En las hojas, el daño más común es la marchitez en el centro de la corona, después las hojas jóvenes se

secan y colapsan. Otro daño que puede identificarse es el debilitamiento del hospedante ocasionando que la yema apical se incline hacia el lado en que existe el mayor número de larvas (SSV, 2011).

4.1.6 Enfermedades en poscosecha de dátil

Se considera que el diagnóstico es la base del manejo de las enfermedades, lo cual implica la identificación del agente causal para establecer un control certero. Las principales etapas del diagnóstico son observación del síntoma, colecta, aislamiento, identificación del patógeno, inoculación, reaislamiento y reidentificación. Esto permite identificar patógenos que ocasionan infecciones generadas en campo y que se desarrollan en los procesos de manipulación y conservación en poscosecha, así como aquellas enfermedades que no vienen de campo y se desarrollan en poscosecha (Samaniego *et al.*, 2024). Algunos estudios reportan la incidencia y etiología de las enfermedades poscosecha presentes en frutos de palma datilera (*P. dactylifera* L.) variedad Mejhoul mediante técnicas de aislamiento directo de partes vegetativas en cámara húmeda, obteniendo como agentes causales más importantes de la enfermedad a hongos de la especie *Penicillium expansum*, *Alternaria alternata* y *Cladosporium cladosporioides* (Palou y Rosales, 2016). Adicionalmente, mediante un análisis metagenómico integral del microbioma fúngico del dátil se ha corroborado la presencia de los agentes anteriormente mencionados, también se identificaron los cambios en la composición del microbioma en los tejidos de la cascara y pulpa en las diferentes etapas de desarrollo (Piombo y Ahmed, 2020). La presencia de estos microorganismos es la fuente de las enfermedades poscosecha en *P. dactylifera*, las heridas y daños mecánicos predisponen la frecuencia de este fenómeno causando daños a la calidad y competencia en el mercado.

4.1.7 Cosecha

La cosecha de dátiles se programa de acuerdo a las etapas de maduración fisiológica de los frutos. Durante este periodo transcurren cinco etapas, el fruto

crece en la primera etapa denominada Hababauk, el fruto continúa en un crecimiento progresivo dando origen a la etapa Kimri y Khalal, seguido por las últimas etapas ocurriendo el cambio en coloración, contenido de agua y azúcares en Rutab y Tamar (Al-Alawi *et al.*, 2017). El tiempo de duración de cada etapa varía entre los cultivares, y se ha reportado que, durante la etapa final, Tamar, ocurren cambios fisiológicos que incluyen grandes pérdidas de agua y esto determina el punto de cosecha (El-Beltagi *et al.*, 2023).

4.1.8 Manejo poscosecha de dátil

Se le denomina poscosecha al periodo comprendido entre la cosecha de un fruto hasta su llegada al consumidor final, este lapso es de gran importancia debido a que, durante la cosecha, distribución y consumo el alimento está expuesto a diferentes tipos de peligros en donde puede verse afectada su calidad (El-Ramady *et al.*, 2015). Es por eso que el manejo poscosecha es fundamental para conservar al fruto en óptimas condiciones, dentro de este manejo es necesario el conocimiento y aplicación de los procesos adecuados que deben de realizarse para mantener la calidad, proteger la inocuidad alimentaria y reducir las pérdidas entre la cosecha y el consumo (Tripathi *et al.*, 2022; Samaniego *et al.*, 2024). La calidad de un fruto es la carta de presentación del producto (Al-Yahyai y Al-Kharusi, 2012). Es importante considerar que el dátil una vez cosechado sigue siendo un órgano vivo el cual sigue realizando sus procesos bioquímicos y metabólicos (Figura 3) los cuales se ven directamente relacionados con la maduración y senescencia (Chao y Krueger, 2007).

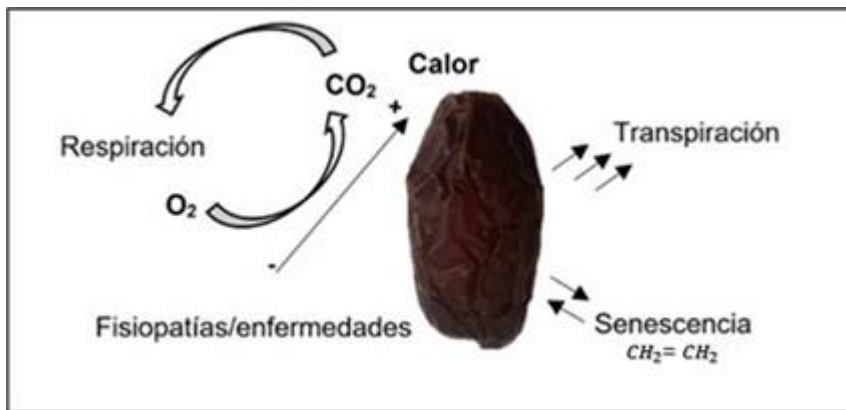


Figura 3. Procesos biológicos de deterioro poscosecha.

Fuente: elaboración propia.

4.1.9 Información nutricional del fruto

El dátil se caracteriza por ofrecer poca cantidad de grasa, altos contenidos de azúcares, carbohidratos y energía. Estos frutos son una fuente rica de minerales y antioxidantes los cuales juegan un papel esencial en la prevención de enfermedades cardiovasculares y el continuo envejecimiento, también en su contenido podemos encontrar vitaminas del grupo B, estas son las vitaminas encargadas de mejorar las funciones cerebrales (Baliga *et al.*, 2011). De igual forma, este fruto presenta una gran cantidad de fibra dietética siendo esta un componente encargado de la salud y limpieza del tracto digestivo (Carlos Villa, 2017).

Cuadro 2. Composición nutricional de frutos de dátil.

Factor nutricional / 100 g de porción	
Energía (kcal)	275
Proteína (g)	2,0
Grasa (g)	0,5
Calcio (mg)	32
Hierro (mg)	1,2
Vitamina A (μ g)	5
Tiamina (mg)	0,09
Riboflavina (mg)	0,10
Niacina (mg)	2,2
Folato (μ g)	13
Vitamina C (mg)	0

Fuente: *FAO, 1995*

5. MÉTODOS

5.1 Material vegetal

El presente estudio se realizó en dátiles de la variedad Mejhoul obtenidos en la etapa de Tamar, en plantas entre 18 y 20 años en cultivo ubicado en un sitio de producción en el Valle de Mexicali, Baja California, durante los ciclos 2021 y 2022. Las muestras fueron colocadas en bolsas de plástico, etiquetadas y mantenidas a 10°C durante su traslado al Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) a 4°C hasta su procesamiento.

5.2 Aislamiento e identificación de hongos

Se realizó la técnica de aislamiento directo de partes vegetativas en cámara húmeda, con frutos desinfectados y utilizando la técnica de cultivo monospórico (Cervantes y Samaniego, 2012). Utilizando una aguja de disección estéril, parte de los crecimientos resultantes se colocaron en placas de Petri con medio Papa-Dextrosa-Agar (PDA), y posteriormente los medios se colocaron en una incubadora (VWR Mod. 51014995) 28 ± 2 °C, durante 72 h, con observación cada 24 h hasta observar la presencia de colonias. Las colonias se aislaron con un sacabocados de 2 mm y una línea de cultivo esterilizada por calor. Se colocaron discos de PDA en cajas de Petri con el mismo medio. Una vez aislados, la identificación del microorganismo se realizó mediante claves taxonómicas (Barnett and Hunter, 1998). Se utilizaron como control, el tratamiento testigo sin inocular, así como la cepa de referencia de *A. niger*, identificada a través de análisis morfológicos y moleculares (Toscano *et al.*, 2018). Las variables evaluadas fueron: velocidad de crecimiento radial *in vitro*, forma de esporas, tamaño de esporas, coloración de la colonia,

tamaño de conidióforo, presencia de métulas y fiálides (Cervantes y Samaniego, 2012).

5.3 Pruebas de patogenicidad

Los aislamientos de síntomas iniciales en pericarpio, mesocarpio, endocarpio y semilla de dátil se reinocularon en dátiles asintomáticos, a través de suspensión de esporas y con herida de aguja de disección estéril. Se utilizaron como control positivo frutos inoculados con la cepa control de referencia *Aspergillus niger* y como control negativo frutos no inoculados, asperjados con agua destilada estéril (Toscano *et al.*, 2018). Se revisó el desarrollo de síntomas a los 3, 6, 9 y 12 días después de la inoculación, en los dátiles que mostraron el síntoma inicial, se realizaron reaislamientos.

5.4 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorio, y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias por Tukey con $p \leq 0.05$. La unidad experimental fue de 10 dátiles por palma, evaluando 5 palmas por temporada, en total se evaluaron 100 frutos. Los datos fueron analizados en el programa estadístico IBM SPSS versión 17.0.

6. RESULTADOS

6.1 Aislamiento e identificación de hongos

Durante recorridos de campo en áreas de producción de palma datilera, se observaron síntomas en frutos durante el manejo poscosecha. Se colectaron frutos con síntomas y sin síntomas, en cultivos de palma datilera ubicados en el Valle de Mexicali, Baja California, para su procesamiento utilizando técnicas de diagnóstico clásico (Figura 4).

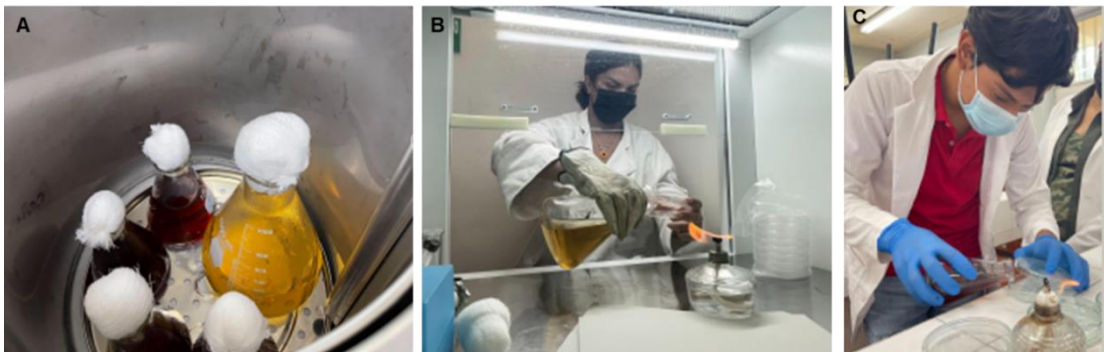


Figura 4. Procesamiento del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) para la esporulación de las muestras aisladas para la identificación de hongos fitopatógenos.

A) Preparación de medios de cultivo para esterilización; B) y C) decantación de medio de cultivo en cajas Petri.

La sintomatología observada en frutos etapa Tamar durante la cosecha y poscosecha consistía en micelio polvoso seco blanquecino, que se torna grisáceo y negro si la enfermedad avanza. Los crecimientos son observados en la parte interior y exterior del fruto. En algunas zonas de producción, dichos síntomas han sido observados en etapas de floración, colonizando carpelos y estigmas secos.

Se obtuvieron cuatro aislamientos de hongos obtenidos de frutos de palma datilera, mediante la técnica de cultivo monospórico. Los aislamientos fueron

obtenidos de epicarpio, mesocarpio, endocarpio y semilla del fruto. El aislamiento obtenido de endocarpio mostró una tasa de crecimiento más rápida, comparada con los aislamientos de mesocarpio, epicarpio y semilla (Cuadro 3).

Cuadro 3. Crecimiento de colonias de la variedad Mejhoul, producidos en el Valle de Mexicali.

Crecimiento <i>in vitro</i> (horas)				
Aislado	Muestra	24	48	Crecimiento en 24 hrs (%)
11AHEN	Endocarpio	1.85 cm	8.0 cm	77.44a
8AHSEM	Semilla	1.25 cm	7.0 cm	70.12b
9AHEPIC	Epicarpio	1.15 cm	6.3 cm	62.80b
10AHME	Mesocarpio	0.55 cm	3.4 cm	34.76c

Los promedios dentro de cada fila seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes entre sí en función del nivel de probabilidad Tukey $p \leq 0.05$.

El 100 % de los aislados formó micelio aéreo, y crecimientos en color blanco y polvo negro sobre el fruto. Se observaron al microscopio colonias negras, con conidióforos marrones, vesículas globosas de 80 nm de diámetro aproximadamente, y conidios de aproximadamente 5 nm (Figura 5). Basado en la caracterización morfológica, se encontró que los aislamientos de moho negro en dátil corresponden a *Aspergillus niger*.

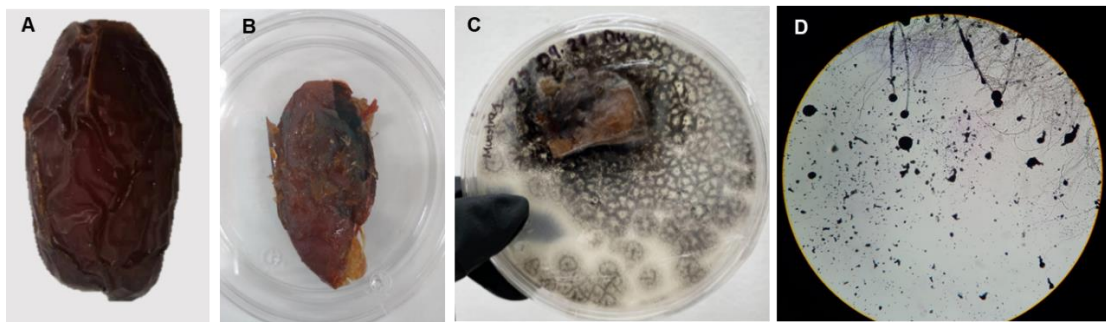


Figura 5. Procesamiento de muestras para aislamiento e identificación de fitopatógenos:

A) Frutos asintomáticos de palma datilera variedad Mejhool colectados en campo; B) Muestras con síntomas en cámara húmeda; C) Siembra de las partes diseccionadas del dátil en medio PDA; D) Colonias negras con vesícula negra globosa de 80 nm de diámetro y conidióforos marrones (10x).

6.2 Pruebas de patogenicidad

Las muestras de frutos sanos estudiadas presentaron síntomas característicos de la enfermedad conocida como moho negro, similares a los síntomas presentes previamente en frutos iniciales. La enfermedad se caracterizó, en frutos en etapa Tamar, por la presencia de lesiones hundidas, de forma irregular, inicialmente ablandamientos y posteriormente secas, de color marrón oscuro a negro, mismas que corresponden a masas de conidios, corroborando el cumplimiento de los postulados de Koch.

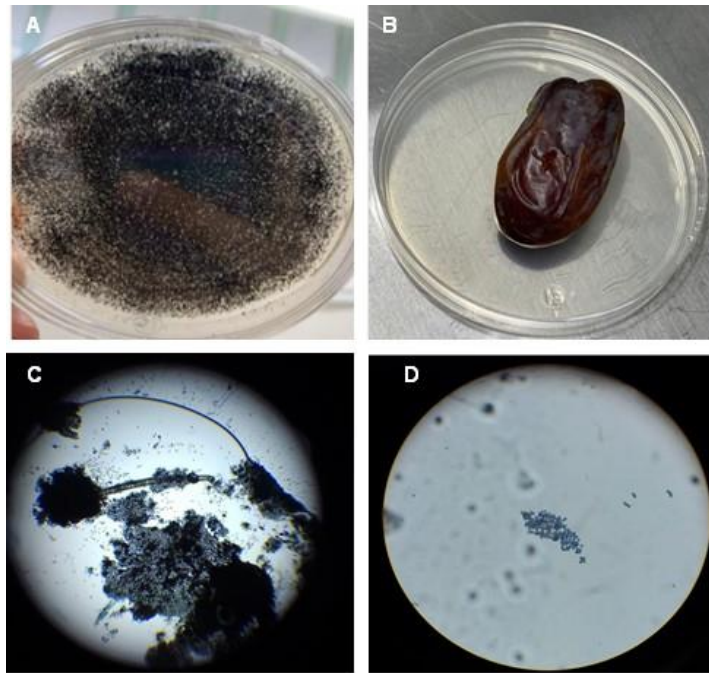


Figura 6. Pruebas de patogenicidad en frutos de palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.):

A) cepas obtenidas de aislamientos colectados en Valle de Mexicali, B.C. en medio PDA; B) fruto asintomático en postulados de Koch en medio PDA; c). Aislados de *Aspergillus niger* obtenidos de frutos de palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.); C) y D) Conidios de 5 nm de diámetro (40x) presentes en frutos reinoculados con cepas purificadas.

Una vez realizadas las resiembras, se observó que los frutos mostraban micelio aéreo, crecimientos en color blanco y polvo negro, similares a la sintomatología observada en campo. De estos frutos, se colectaron muestras, para su observación al microscopio, encontrándose colonias negras, con conidióforos marrones, vesículas globosas de 80 nm de diámetro aproximadamente, y conidios de aproximadamente 5 nm (Figura 6).

Cuadro 4. Crecimiento de colonias de la variedad Mejhoul, producidos en el Valle de Mexicali.

Aislado	Crecimiento <i>in vitro</i> (horas)		
	24	48	72
11AHEN	1.43 cm	6.7 cm	8.0 cm
8AHSEM	1.15 cm	6.3 cm	8.0 cm
9AHEPIC	1.03 cm	5.8 cm	8.0 cm
10AHME	1.09 cm	5.3 cm	8.0 cm
CCAN	1.52 cm	6.91 cm	8.0 cm
TSI	0	0	0

De acuerdo a las pruebas de patogenicidad, basadas en el crecimiento en frutos y en la caracterización morfológica, se encontró que los aislamientos de moho negro en dátil corresponden a *Aspergillus niger*.

7. DISCUSIÓN

A lo largo de la historia, los métodos de diagnóstico evolucionaron desde la observación al microscopio, aislamientos en medios de cultivo sintéticos, pruebas de patogenicidad y recientemente, métodos fenotípicos y genotípicos usados para confirmar la presencia del fitopatógeno (Sachad and Frederik, 2002). Esto permite estudiar a los patógenos usando técnicas de microbiología clásicas, serológicas y moleculares, a través de protocolos específicos.

Tradicionalmente, las técnicas de microbiología clásicas incluyen aislamiento a partir de la muestra infectada en medios de cultivo como PDA, agar nutritivo (AN), entre otros (Llanes-Álvarez *et al.*, 2017). En el caso de hongos, se observa la morfología de sus estructuras en fases reproductivas específicas por géneros (Palou y Rosales, 2016). Para el caso de bacterias, además de las pruebas de tinción de Gram, se realizan ensayos bioquímicos. Finalmente, se realizan las pruebas de patogenicidad para confirmar los síntomas ocasionados por el patógeno. La principal ventaja de estas técnicas es su bajo costo, por lo que se realizan de manera rutinaria en muchos laboratorios. Sin embargo, se posee una baja sensibilidad a métodos de cultivos puros, imposibilidad de cultivo *in vitro* de patógenos que son parásitos obligados, entre otros.

A nivel mundial, muchos estudios han demostrado que en los productos hortofrutícolas durante su manejo en poscosecha, se pueden presentar dos grupos de infecciones ocasionadas por hongos, las ocasionadas por patógenos de herida y aquellas atribuidas a patógenos latentes o quiescentes. Numerosos productos presentan podredumbres causadas por los géneros *Botrytis*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Phytophthora*, *Mucor*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Rhizopus*, y *Cladosporium* (Toth *et al.*, 2003; Mari *et al.*, 2014; Kumar and Iqbal, 2020; Tripathi *et al.*, 2022).

En México, se reportan pérdidas económicas por el desarrollo de enfermedades en poscosecha, ocasionadas por *R. stolonifer* en tomate, *C. gloeosporioides* en mango, aguacate, papaya, chirimolla, entre otros, *A. alternata* en manzana y tomate, *Penicillium expansum* en manzana, así como *Botrytis cinerea* en arándanos y fresa (Bautista *et al.*, 2004; Velázquez *et al.*, 2012; López *et al.*, 2021; Ramos *et al.*, 2022).

En Baja California, se han reportado la presencia de *Alternaria spp.* y *Botrytis cinerea* en solanáceas, afectando la maduración y senescencia de tejidos durante poscosecha (Martínez *et al.*, 2016). Cercana a esta región geográfica, en el Valle de Imperial, California, Estados Unidos, se reportó que la presencia de *F. proliferatum* y *F. oxysporum* disminuye las características de calidad de espárrago en poscosecha, a medida que aumenta la duración del almacenamiento (Guerrero, 1997).

Recientemente, se confirmó la presencia de *A. niger* como agente causal del moho negro en dátiles durante la poscosecha en Valle de Mexicali, Baja California (Contreras *et al.*, 2023). Aunado a ello, en el presente estudio, se confirmó la patogenicidad de aislamientos de *A. niger*, identificados morfológicamente, presentes en dátiles en poscosecha en el Valle de Mexicali, Baja California. Esto coincide con otras regiones productoras de dátil en el mundo, que reportan a *A. niger* como el principal hongo presente en frutos, hasta en 30-40 % de frutos muestreados (Ragab *et al.*, 2001; Anjili *et al.*, 2015; Orole *et al.*, 2017).

A. niger es un hongo saprófito que se desarrolla en un rango amplio de condiciones climáticas y es productor de una gran cantidad de sustancias como ácidos orgánicos, proteínas, enzimas y metabolitos secundarios, con múltiples aplicaciones en la Biotecnología desde hace más de un siglo (Cairns *et al.*, 2021; Cohen *et al.*, 2021). Este microorganismo presenta filamentos hialinos, es saprófito, y pertenece al filo Ascomycota, formado por hifas hialinas septadas y puede tener reproducción sexual (con formación de

ascosporas en el interior de ascas) y asexual (con formación de conidios) (Cohen *et al.*, 2021; Morales *et al.*, 2024).

En el cultivo de palma datilera, algunos estudios mencionan que *A. niger*, infecta y coloniza flores y frutos jóvenes, por lo que la infección está latente desde la formación del fruto, y crece en los carpelos en degeneración y permanece en la base del fruto hasta la maduración (Cohen *et al.*, 2021). El cuerpo fructífero y las esporas del hongo que dan lugar a los síntomas, en el espacio interior entre la pulpa y la semilla, dando como resultado que, al abrir el fruto, es posible observar el daño en el interior del fruto (Anjili *et al.*, 2015; Cohen *et al.*, 2021).

La infección ocasionada por estos hongos está relacionada con fechas óptimas de cosecha, estado de infección del dátil, y el uso de sistemas de manejo poscosecha como esquemas de inocuidad, condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento (Anjili *et al.*, 2015; Orole *et al.*, 2017). La aplicación de sistemas de manejo poscosecha óptimos pueden limitar la infección por *A. niger*.

Además de *A. niger*, muchos han observado la presencia de otros hongos como *Alternaria* spp., *Stemphylium botryosum*, *Cladosporium* spp., *Macrosporium* spp., *Citromyces ramosus*, *Phomopsis diospyri*, y *A. flavus* el cual puede provocar contaminación con aflatoxinas que dañan al consumidor (Warner *et al.*, 1990, Yahia *et al.*, 2014; Sarraf *et al.*, 2021).

La presencia de *A. niger* en frutos, además del daño visual a la calidad, ha sido considerada un riesgo biológico a la salud humana, y en dátiles es un contaminante de alto riesgo debido a que algunas cepas son potencialmente productoras de micotoxinas como las fumonisinas de la serie B y la ocratoxina A (OTA) (Nielsen *et al.*, 2009; Gherbawy *et al.*, 2012; Ouf *et al.*, 2015). Particularmente, la OTA A, es un compuesto tóxico acumulativo, que posee un

tiempo de vida en el ser humano de 35 días y está clasificada como un posible carcinógeno humano (Pfohl y Manderville, 2007; Schrenk *et al.*, 2020).

En este sentido, muchos estudios han evaluado métodos para disminuir y eliminar la infección ocasionada por *Aspergillus*, y disminuir la producción de micotoxinas en alimentos, como la radiación UV, irradiación con rayos gamma, ozono, modificación de las condiciones atmosféricas, y productos químicos antimicóticos (Ouf *et al.*, 2015).

Similarmente, otros estudios mencionan que en dátil se desarrollan, además, síntomas de olor alcohólico o fermentado, y cambios organolépticos que amargan el fruto, debido al crecimiento de levaduras de los géneros *Saccharomyces*, *Hanseniospora*, *Candida* y *Zygosaccharomyces* (Warner *et al.*, 1990; Yahia *et al.*, 2014). Además, se presentan bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, y *Acetobacter* que ocasionan acidificación de los dátiles (Warner *et al.*, 1990; Sarraf *et al.*, 2021). Futuros estudios utilizando técnicas moleculares, serán un complemento al diagnóstico certero de fitopatógenos, que permitirán implementar estrategias de control eficientes.

8. CONCLUSIONES

Basado en la caracterización morfológica, se encontró que aislamientos de moho negro en dátil en Valle de Mexicali, B.C. corresponden a *Aspergillus niger*. La comparación entre los aislamientos iniciales en dátiles enfermos y los obtenidos en las pruebas de patogenicidad, así como las características morfológicas de los signos observados, se corroboró la presencia de *Aspergillus niger* causante de moho negro en dátiles durante el manejo poscosecha.

9. LITERATURA CITADA

- Ahmed, N., Francisco, G. P., & Khadidja, B. (2017). Effect of radio-frequency treatment on quality of dates (*Phoenix dactylifera* L. cv. Deglet Nour). *Journal of Scientific Agriculture*, 1, 106-109.
- Al-Alawi, R., Al-Mashiqri, J. H., Al-Nadabi, J. S. M., Al-Shihi, B. I. & Baqi, Y. (2017). Date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.): Natural products and therapeutic options. *Frontiers in Plants Science*, 8(May), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00845>
- Anjili, S. M., Channya, F. K., & Chimbekujwo, I. B. (2015). Fungi associated with post-harvest spoilage of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in Yola, Adamawa State. *International Journal of Research*, 14.
- Assirey, E. A. R. (2015). Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. *Journal of Taibah University for science*, 9(1), 75-79.
- Baliga, M. S., Baliga, B. R. V., Kandathil, S. M., Bhat, H. P., & Vayalil, P. K. (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Food research international*, 44(7), 1812-1822.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. The American phytopathological society. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington State University, Pullman. APS Press. USA. St. Paul, Minnesota USA. 218p.
- Cairns, T. C., Barthel, L., & Meyer, V. (2021). Something old, something new: challenges and developments in *Aspergillus niger* biotechnology. *Essays in Biochemistry*, 65(2), 213-224.

- Cervantes, L., & Samaniego, B. Y. (2012). Manual de prácticas de laboratorio de fitopatología. Departamento de Diseño gráfico de la Universidad Autónoma de Baja California. ISBN:978-607-607-108-3.
- Chao, C. T., & Krueger, R. R. (2007). The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): overview of biology, uses, and cultivation. *HortScience*, *42*(5), 1077-1082
- Cohen, Y., Shulhani, R., Rot, Y., Zemach, H., Belausov, E., Grinberg-Baran, M., Borenstein, M., Pivonia, S., Ezra, D., & Shtienberg, D. (2021). *Aspergillus niger*, the causal agent of black mould disease in date fruits, infects and colonizes flowers and young fruitlets. *Plant Pathology* 70:1195–1208. <https://doi.org/10.1111/ppa.13358>
- Contreras Espinoza, J. E., Valle Gough, R. E., Núñez Ramírez, F., Samaniego Gámez, S. U., Barrera Gavira, J. M., Torregosa Sauret, L., Moreno Valenzuela, O. A., & Samaniego Gámez, B. Y. (2023). Aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos en dátiles en poscosecha en Valle de Mexicali, México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, *27* (Especial), 22–24. DOI: <https://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.18>
- Dembilio, Ó., & Jacas, J. A. (2011). El picudo rojo de las palmeras: ciclo biológico e importancia económica. *Phytoma España (España)*, (226).
- El-Beltagi, H. S., Shah, S. T., Mohamed, H. I., Alam, N., Sajid, M., Khan, A., & Basit, A. (2023). Physiological response, phytochemicals, antioxidant, and enzymatic activity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivated under different storage time, harvesting Stages, and temperatures. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *30*(11), 103818.

- El-Ramady, H., Domokos-szabolcsy, E., Abdalla, N., Taha, H., & Fári, M. (2015). Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage. In: Lichtfouse, E. (eds) Sustainable Agriculture Reviews. Sustainable Agriculture Reviews, vol 15. Springer
- Fenta, L., Mekonnen, H., & Kabtimer, N. (2023). The Exploitation of Microbial Antagonists against Postharvest Plant Pathogens. *Microorganisms*, 11, 1044. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041044>
- Gherbawy, Y. A., Elhariry, H. M., & Bahobial, A. A. S. (2012). Mycobiota and mycotoxins (aflatoxins and ochratoxin) associated with some Saudi date palm fruits. *Foodborne pathogens and disease*, 9(6), 561-567.
- Goudarzi, A., Bagheri, A., & Hajebi, A. (2022). *Aspergillus niger* causes black mould disease on Piarom dates, the most economically valuable export date cultivar in southern Iran. *Crop Protection*, 160, 106047.
- Guan, J., Zeng, K., & Chen, Z. (2023). Postharvest disease management in fruits and vegetables: recent advances and mechanisms. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1203010.
- Kumar, V., & Iqbal, N. (2020). Post-harvest pathogens and disease management of horticultural crop: A brief review. *Plant Arch*, 20, 2054-2058.
- Llanes-Alvarez, Y., Hernández-Rodríguez, L., & Peña-Bárcaga, I. (2017). La validación de métodos de diagnóstico como herramienta en los programas de vigilancia y manejo de fitopatógenos. *CitriFrut*, 34(1), 46-54.
- Lozano Teruel, J. A. (2000). Palmeras y salinidad. *Ciencia y salud*.

- Mari, M., Di Francesco, A., & Bertolini, P. (2014). Control of fruit postharvest diseases: old issues and innovative approaches. *Stewart Postharvest Review*, 10 (1), 1-4.
- Martínez-Ruiz, F. E., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzím, C. E., Hernández-Montiel, L. G., Sánchez, C. L. D. T., & Rueda-Puente, E. O. (2016). Hongos fitopatógenos asociados al tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) en la zona árida del noroeste de México: la importancia de su diagnóstico. *European Scientific Journal*, 12(18).
- Morales Maza A., Cabada Tavares C. A., Mendoza Gómez A., Torres Bojórquez A. I., & Samaniego Gámez B. Y. 2021. Enfermedades de cosecha y poscosecha en frutos de dátiles en el noroeste de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Desplegable para productores. Pag 1-2.
- Morales Maza, A., Cabada Tavares, C. A., Mendoza Gómez, A., Núñez Ramírez, F., Cervantes Díaz, L., & Samaniego Gámez, B. Y. 2024. Paquete tecnológico de la palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) variedad Mejhoul para el noroeste de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (2023). ISBN 978-607-37-1618-5. 42 pag.
- Nielsen K.F., Mogensen J.M., Johansen M., Larsen T.O. & Frisvad J.C. 2009. Revisión de metabolitos secundarios y micotoxinas del grupo *Aspergillus niger*. *Anal Bioanal Chem* 395: 1225-1242.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1995). Contenido de nutrientes en alimentos seleccionados. Anexo 3.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). FAOSTAT. Estadísticas de producción de palma datilera.

- Orole, O. O., Okolo, I. O., Fadayomi, V., Odonye, D. I., & Ohiobo, A. (2017). Fungal species associated with date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit and tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) fruit in lafia metropolis, Nasarawa State, Nigeria. Archives of Current Research International, 9(4), 1-7.
- Ouf, S.A., Basher, A.H., & Mohamed, A.A.H. (2015). Inhibitory effect of double atmospheric pressure argon cold plasma on spores and mycotoxin production of *Aspergillus niger* contaminating date palm fruits. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(15), 3204-3210.
- Palou, L, & Rosales, R. (2016). Incidence and etiology of postharvest diseases of fresh fruit of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in the grove of Elx (Spain). Phytopathologia Mediterranea, 55 (Issue 3).
- Pfohl-Leszkowicz A. & Manderville R.A. 2007. Ocratoxina A: una descripción general de la toxicidad y carcinogenicidad en animales y humanos. Mol Nutr Food Res 51: 61-99.
- Piombo, E., & Ahmed, A. (2020). Characterizing the Fungal Microbiome in Date (*Phoenix dactylifera*) Fruit Pulp and Peel from Early Development to Harvest. Microorganisms, 8 (Issue 5), 641.
- Ragab W.S.M., Ramadan B.R., & Abdel-Sater M.A. 2001. Mycoflora and aflatoxins associated with Saidy date affected by technological processes. The Second International Conference on Date Palms, UAE University, Al Ain, UAE; 409-421.
- Ramos Velázquez Rubén. (2012). Cultivo de palma datilera en el Valle de Mexicali, B.C. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Desplegable para productores Número 50. [https://www.academia.edu/30034871/Cultivode Palma Datileraene I Vallede Mexicali BC](https://www.academia.edu/30034871/Cultivode_Palma_Datileraene_I_Vallede_Mexicali_BC)

- Rivera, D., Obón, C., Carreño, E., Laguna, E., Ferrer Gallego, P. P., Crespo, M. B., ... & Alcaraz, F. (2019). La especie *Phoenix excelsior* de Cavanilles y la diversidad del complejo *Phoenix dactylifera* L.(Arecaceae): tipificación de *Phoenix excelsior* Cav.
- Salomón-Torres R., Ortiz-Uribe N., & Villa-Angulo C. (2017). Composición Nutricional y Funcional del Dátil (*Phoenix dactylifera* L.) Variedad Medjool. *Revista Universitaria Nueva Epoca*. 92. 14-20.
- Salomón-Torres, R., Ortiz-Uribe, N., Sol-Uribe, J. A., Ortiz-Ruiz, N. S., & Samaniego-Sandoval, L. (2021). La extracción de polen, aplicación y efecto en la calidad del fruto de la palma datilera.
- Samaniego Gámez, B. Y., Valle Gough, R. E., Núñez Ramírez F., Samaniego Gámez S. U. & Contreras Espinoza J. E. 2024. Técnicas y procesos para la mejora de la vida de anaquel de frutas y hortalizas. *Biblioteca Horticultura*. 1-15.
- Sarraf, M., Jemni, M., Kahramanoğlu, I., Artés, F., Shahkoomahally, S., Namsi, A., & Rastogi, A. (2021). Commercial techniques for preserving date palm (*Phoenix dactylifera*) fruit quality and safety: A review. *Saudi J Biol Sci*, 28 (8), 4408-4420.
- Schrenk, D., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., ... & Bignami, M. (2020). Risk assessment of ochratoxin A in food. *EFSA journal*, 18(5), e06113.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Producción de dátil en el Valle de Mexicali.
- Tenberg, M. (2012). Beginnings and early history of date palm garden cultivation in the Middle East. *Journal of Arid Environments*, 86, 139–147.

- Toscano, L., Ogden, K. L., Ogden, G., Cervantes, L., Steichen, S. A., Brown, C., Samaniego, B.Y. & Brown, J. K. (2018). Harvesting the microalga *Chlorella sorokiniana* by fungal-assisted pelletization. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 12(6), 493-505.
- Toth, I.K., Kenneth, S.B., Holevia, M.C., & Birch, P.R.J. (2003). Soft rot *Erwiniae*: From genes to genomes. *Molecular Plant Pathology*. 4 (1), 17-30.
- Tripathi, A.N., Tiwari, S.K., & Behera, T.K. (2022). Postharvest Diseases of Vegetable Crops and Their Management. In *Postharvest Technology-Recent Advances, New Perspectives and Applications*. IntechOpen.
- Warner, R., Barnes, M., & Laird, E., (1990). Chemical control of a carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae), and various nitidulid beetles (Coleoptera) on 'Deglet Noor' dates in California. *J Econom Entomol*, 83, 2357–2361.
- Yahia, E.M., Lobo, M.G., & Kader, A.A., (2014). Harvesting and Postharvest Technology of Dates, Siddiq, M., Aleid, S.M., Kader, A.A. (Eds.). *Dates: Postharvest science, processing technology and health benefits*. Wiley & Sons Ltd. 105-135 pp.